

**Таблица 1.** Требования к распечатке

Стадия бетонирования («печати»)	Общие требования	
	Типовые	Обусловленные особенностями технологии
Требования к смеси	1. Связность (сплошность)	1. Формоустойчивость. 2. Способность полноценной гидратации в тонком слое. 3. Регулируемость сроков схватывания (жизнеспособность).
Требования к затвердевшему бетону	1. Прочностные характеристики в проектном возрасте. 2. Деформационные характеристики (начальный модуль упругости, ползучесть). 3. Морозостойкость.	1. Регулируемость кинетики твердения. 2. Обеспечение прочности сцепления между соседними слоями 3. Ограничение усадочных деформаций

ной подачи смеси через печатающую головку строительного принтера;

- уменьшение удельного веса смеси, позволяющее нанесение большего количества слоёв при печати;
- повышение износостойкости бетонных изделий, при полном застывании бетона вплоть до 30 %.
- защищенность от внешнего воздействия влаги и агрессивных веществ. Капилляры, образующиеся

Лабораторные испытания контрольных образцов показали, что прочность таких составов относительно не велика: при сжатии в возрасте 28 суток 1,6 МПа, а прочность на растяжение при изгибе чуть менее 1 МПа. Кроме этого, бы-

стротвердеющие смеси не годятся для изделий, эксплуатируемых вне помещений.

Большой интерес представляют высокопрочные смеси с модифицирующими и минеральными добавками позволяющими получить высокопрочные водостойкие и трещиностойкие изделия. Применение таких составов для печати элементов зданий обеспечивает достаточную несущую способность, морозостойкость и сопротивление паропроницаемости. Лабораторные испытания напечатанных контрольных образцов из высокопрочных смесей показали, что прочность при сжатии в возрасте 28 суток достигает 10 МПа, а прочность на растяжение при изгибе 3,5 МПа. При этом морозостойкость обеспечивается на уровне 35–40 циклов. Гидроскопичность изделий лежит в пределах 10 %.

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СИНТЕЗ ОКСИНИТРИДА АЛЮМИНИЯ

Е.Д. Гришаева

Научный руководитель – к.т.н., доцент И.Б. Ревва

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, edg3@tpu.ru

Прозрачная керамика  $\gamma$ -AlON считается важным оптическим материалом благодаря своей высокой прочности и твердости, высокой влагонепроницаемости и износостойкости, а также отличным оптическим свойствам по сравнению с монокристаллическим сапфиром, известным как самая прочная и сложная прозрачная керамика [1].

Диапазон пропускания AlON простирается от 0,2 мкм в УФ до видимого до 6,0 мкм в инфракрасном диапазоне. Уникальная комбинация механических и передаточных свойств делает

AlON подходящим для инфракрасных (ИК) и видимых окон, куполов ЕМ и прозрачной брони. Поэтому он вызывает растущий интерес как в национальной обороне, так и в гражданской промышленности.

Существует несколько способов получения оксинитрида алюминия: метод карботермического восстановления, метод простой реакции без давления, спекание в среде азота, метод искроплазменного спекания [2, 3]. Широко используются два основных подхода к получению

плотной и прозрачной AlON керамики. Первый – реакция спекания смеси  $Al_2O_3$  и AlN, второй – традиционное спекание предварительно полученного порошка AlON.

Оба метода состоят из некоторых общих характерных этапов:

- 1) смешение порошков (обычно в шаровой мельнице в спирте с мелющими шарами из оксида алюминия);
- 2) высушивание порошка (или сушка распылением);
- 3) заполнение формы;
- 4) выгорание связки (если используется);
- 5) спекание заготовки при высокой температуре в течение длительного времени;
- 6) шлифование и окончательная полировка для достижения высокой светопередачи и минимального рассеяния.

В данной работе для синтеза оксинитрида алюминия использовали метод простой реакции. С целью определения эффективности использования наноразмерного порошка в работе исследовали два состава. В качестве основного компонента использовали нитрид алюминия AlN, который представляет собой светло-серый порошок с насыпной плотностью  $0,776 \text{ г/см}^3$ . Также использовали порошок  $Al_2O_3$  различной дисперсности. В составе 0 использовали наноразмерный порошок оксида алюминия, а в составе 1 – микронный  $Al_2O_3$ . С целью равномерного смешения исходных порошков сырьевые

смеси готовили следующим образом. Навески порошков смешивали в планетарной мельнице по мокрому способу. В качестве инертной среды смешения использовали изопропиловый спирт. Смесь перемешивали в течение 10 мин. со скоростью 200 оборотов в минуту. Для удаления среды смешения приготовленную суспензию высушивали в течение 2 часов.

Для обеспечения более полного контакта между частицами формовали образцы в виде дисков диаметром 10 мм и высотой 3–4 мм при удельном давлении прессования 70 МПа. Спекание проводили в токе азота при температуре  $1800^\circ\text{C}$  с выдержкой при максимальной температуре в течение 4 часов.

После обжига определяли усадку образцов. Установлено, что смесь состава 0 спекается более интенсивно, чем смесь состава 1. При этом состав 0 имеет линейную огневую усадку 17,6%, а состав 1–8,7%. По данным рентгенофазового анализа установлено, что единственной фазой на рентгенограммах обожженных образцов и состава 0, и состава 1, является фаза оксинитрида алюминия (PDF 01-080-2171). Интенсивность основного пика AlON больше для состава с нанопорошком оксида алюминия, чем для состава с микронными порошками, что свидетельствует о более полном синтезе оксинитрида алюминия.

Таким образом, в работе показана эффективность использования порошков различной дисперсности на процесс синтеза оксинитрида алюминия.

### Список литературы

1. Willems H.X., Hendrix M.M.R.M., Metselaar R. & de With G., *Thermodynamics of Alon I: stability at lower temperatures*, J. Eur. Ceram. Soc., 10(1992) 327-337.
2. Qiang Liu, NanJiang, JiangLi, KunSun, Yubai-Pan, JingkunGuo. *Highly transparent AlON ceramics sintered from powder synthesized by carbothermal reduction nitridation* // *Ceramics International*, 42, (2016) 8290–8295.
3. Mingyi Su, Youfu Zhou, Kun Wang, Zhangfu Yang, Yongge Cao, Maochun Hong. *Highly transparent AlON sintered from powder synthesized by direct nitridation* // *Journal of the European Ceramic Society* 35 (2015) 1173–1178.